

А К А Д Е М И Я Н А У К К И Р Г И З С К О Й С С Р
ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИМ И ТЕХ-
НИЧЕСКИМ НАУКАМ ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И МАТЕМАТИ-
ЧЕСКИХ НАУК

На правах рукописи

БАЗАРБАЕВА ТАМАРА ГАЛПАРОВНА

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СОЗМЕШНОГО СИНТЕЗА МОДУЛЕЙ
И СХЕМЫ ИХ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ, А ТАКЖЕ РЕШЕНИЕ ЗА-
ДАЧИ РАЗНЕСЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ПЛАТЫ ПО СЛОЯМ

(Специальность № 05.13.01 - техническая кибер-
нетика и теория информации).

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Фрунзе-1975

Работа выполнена в Институте автоматики АН Киргизской ССР.

Научные руководители: — член-корреспондент АН СССР,
доктор технических наук,
профессор М.А. ГАЛЫЛОВ;
— кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
В.М. КОПЫЛЕНКО.

Официальные оппоненты: Доктор технических наук
профессор А.Н. МЕЛИХОВ;

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
доцент В.В. ОБРАЗЦОВ.

Ведущее предприятие Институт электронных управляющих
машин.

Автореферат разослан "20" мая 1975 г.

Защита диссертации состоится "6 июня 1975 г.
в 15⁰⁰ час. на заседании Объединенного Ученого Совета
по физико-математическим и техническим наукам отделения

физико-технических и математических наук, —

— 720071, Фрунзе, 71 Ленинский проспект 265^а

Малый конференцзал Академии наук Киргизской ССР.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Института.

Ученый секретарь Совета

доктор физико-математических наук,
профессор

И.Б. БИЙБОСУНОВ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ЕЕ АКТУАЛЬНОСТЬ

Развитие вычислительной техники и систем промышленного управления, а также перевод дискретных устройств на микроэлектронное исполнение привели к необходимости автоматизации проектирования и аппаратуры. При этом практика конструкторского проектирования ЭВМ и систем промышленного управления показала целесообразность перехода к функционально-узловому методу конструирования.

Этот метод предусматривает создание конструкций дискретных устройств при разделении сложных блоков на простые части, оформленные в виде отдельных конструктивно законченных узлов (конструктивных модулей). Конструктивными модулями или просто модулями могут быть интегральная схема (ИС), большая интегральная схема (БИС), типовая элемент "замены" (ТЭЗ), стойка и т.п.

В настоящее время при решении задачи модульного проектирования можно выделить три направления:

1. Синтез универсальных или квазиуниверсальных логических модулей.

2. Синтез, основанный на структурном анализе схем, в результате которого выделяются типовые схемы (регистры, дешифраторы, сумматоры и т.п.) или статистически устойчивые сочетания логических элементов.

3. Методы, основанные на разбиении исходной схемы на модули с учетом заданных ограничений.

Общим для двух последних направлений является то, что решается задача разбиения уже готовых структур. Причем в первых двух случаях производится построение модулей, не приспособленных для

данной частной структуры и поэтому не дающих, в ряде случаев, удовлетворительного решения. В третьем случае схема разбивается на модули, приспособленные к данной структуре, но отсутствует возможность изменять структуру в соответствии с заданными ограничениями и учитывать ограничение на число типов модулей.

Первоочередное развитие указанных направлений, с одной стороны, объясняется тем, что быстрое развитие технологии изготовления устройств опередило темпы развития методов синтеза. Это, в свою очередь, привело к тому, что проблема построения системы модулей решалась в отрыве от проблемы синтеза схем устройств. Поэтому большинство работ посвящено проблеме организации системы модулей при условии, что задана схема соединения логических элементов.

В то же время работы, посвященные проблеме синтеза схем устройств, в очень малой степени учитывают особенности последующей модульной организации.

Другой причиной первоочередного развития указанных направлений, по видимому, является то, что вопросы синтеза структур и разработки модулей до сих пор решаются с привлечением различных математических методов. Так, если для первых используется аппарат математической логики, то для вторых — аппарат теории графов и топологии.

В такой ситуации правомерна постановка задачи одновременного синтеза модулей с учетом заданных ограничений и схемы соединений между ними, что позволило бы наиболее полно удовлетворять поставленным требованиям. Решению этой задачи и посвящается, в основном, реферируемая работа. В ней предлагается метод, позволяющий

с единых позиций сформулировать и решить задачу синтеза модулей при одновременном построении схемы их соединений, а также некоторые модификации этого метода.

Завершающим этапом синтеза модулей является разнесение проводников модуля по слоям при многослойном монтаже с учетом минимизации числа слоев. Наиболее часто встречающийся подход при решении этой задачи основан на использовании аппарата теории графов. Он сводится к задаче построения множества максимальных пустых подграфов, основанного на определении минимальной формы определенной логической функции. Определение минимальной формы функции, как известно, является чрезвычайно трудоемкой операцией.

В этой связи возникает задача построения такой функции, соответствующей графу, для которой построение минимальной формы предельно упрощается. В реферируемой диссертационной работе предложен метод построения функции, получение минимальной формы которой не требует никаких приемов минимизации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, пяти глав с выводами к ним, заключения, списка использованной литературы (100 наименований) и приложения.

Во введении обосновывается актуальность и практическое значение задач исследования.

В первой главе приводится обзор методов синтеза конструктивных модулей. Рассмотрены существующие направления решения задачи логического синтеза модулей, реализующих устройства дискретного действия.

Основными критериями, характеризующими систему модулей, реализующих заданное устройство являются:

1. Общее число конструктивных модулей.
2. Число типов использованных модулей.
3. Число межмодульных соединений.
4. Общее число неиспользуемых элементов во всех модулях построенной схемы.

В зависимости от степени удовлетворения тем или иным критериям и применяемого подхода к решению задачи, методы логического синтеза конструктивных модулей делятся на следующие группы:

1. Методы, основанные на разбиении исходной схемы на модули в соответствии с заданными ограничениями.

Эти методы, в основном, предназначены для оптимизации по критериям 1, 3 и 4.

2. Методы, основанные на оптимизации по критерию 2 при учете критериев 1, 3 и 4. Для их реализации осуществляют два подхода:

- а) Синтез универсальных или квазиуниверсальных логических модулей;

- б) Синтез, основанный на структурном анализе схем, в результате которого выделяются типовые схемы (регистры, дешифраторы, сумматоры и т.п.) или статистически устойчивые сочетания логических элементов.

3. Методы, основанные на одновременном построении структуры синтезируемого устройства и модулей реализующих его. Эти методы позволяют строить структуры оптимальные по всем описанным критериям.

Анализ возможностей методов первой группы позволил сделать следующие выводы. В настоящее время алгоритмы оптимального разбиения

больших схем; пригодные для реализации на ЭВМ, не известны. Существующие эвристические методы оперируют, в основном, с одним критерием и содержат процедуры, предполагающие большой перебор. Одним из способов сокращения перебора является использование критериев направленного выбора.

Однако результат разбиения схемы на модули определяется видом заданной схемы, который зависит от алгоритма функционирования устройства и квалификации проектировщика. При этом проектирование обычно проводится без учета требования дальнейшего разбиения схемы на модули.

Большое число типов получаемых модулей определяет применение этих методов преимущественно для устройств мелкосерийного и разового производства.

Достоинствами методов этой группы являются удовлетворительное решение задачи оптимизации общего числа модулей и удобство их программирования.

Рассмотрим методы второй группы.

Особенностью методов синтеза универсальных или квазиуниверсальных логических модулей является то, что на таких модулях можно в принципе реализовать любую логическую функцию. Из рассмотренных в работе методов следует, что они позволяют оптимизировать по критериям 2 и 4. Однако удовлетворение критерия 4 не может одушить оценкой качества решения, так как любая из функций реализуется в таком модуле с избыточным числом элементов. Этот факт вытекает из того, что часть элементов модуля используется для реализации цепей настройки. Кроме того, необходимость использования настроечных входов приводит к значительному увеличению числа межмодульных соединений. Так, в одной из работ, ука-

зывается, что универсальный логический модуль, реализующий любую функцию от 12 переменных, должен иметь 2060 полюсов. Если учесть, что надежность современных устройств, выполненных на базе микроэлектроники, в основном, определяется надежностью коммутирующих цепей, то становится понятной ограниченность сферы применения рассматриваемого подхода. Необходимо отметить также чрезвычайную громоздкость и трудоемкость операций уже при четырех-пяти входных переменных.

В работе указаны два основных известных в настоящее время подхода, используемых при решении задачи синтеза модулей, основанного на структурном анализе схем. Первый подход, условно названный эволюционным, предусматривает построение набора модулей непосредственно в процессе проектирования устройства. Исходной информацией при этом является схема проектируемого устройства и индивидуальный опыт разработчика по проектированию устройств подобного класса.

Второй подход основан на машинном исследовании схем, характеризующих определенные классы устройств.

Анализ методов этой группы привел к следующим выводам:

а) Эти методы позволяют учитывать специфику устройств. Тем не менее их реализация встречает значительные трудности, связанные с необходимостью идентификации сочетаний элементов, расположенных в различных частях схемы.

б) Необходимость реализации редко встречающихся структур приводит к созданию модулей, содержащих элементы, определенное число входов и выходов которых выведены на внешние полюса.

Методы третьей группы, основанные на одновременном построении структуры устройства и модулей, являются наиболее перспективными

с точки зрения удовлетворения поставленных ограничений и требований

Тем не менее методы этой группы наименее развиты, что связано, повидимому, с недостаточным развитием методов синтеза устройств из многофункциональных элементов и использованием различных математических методов при синтезе устройств и модулей. В этой связи в работе предлагаются методы, посвященные решению этой актуальной задачи.

Во второй главе диссертации приводится аналитический метод логического синтеза конструктивных модулей, реализующих комбинационное устройство, заданное системой логических функций.

Постановка задачи следующая. Задано релейное устройство системы логических функций от n переменных $F^{(n)}$. Необходимо синтезировать его из модулей, число типов которых не превышает t . В каждом модуле может быть размещено не более K логических элементов φ , структурные свойства которых заданы. Число внешних полюсов модулей ограничено величиной p .

Метод основан на последовательном применении следующих операций

1. Построение модуля, который следует расположить на выходе структуры, реализующей данную функцию с учетом заданных ограничений

2. Вычисление функций, которые необходимо подать на входы выходного модуля для непротиворечивой реализации исходной функции на его выходе

К каждой из вычисленных функций последовательно применяются перечисленные операции. Построение выходного модуля осуществляется методом синтеза структур устройств на многофункциональных элементах, разработанным В.М. Копыленко [3].

В отношении числа переменных исходной функции при синтезе выходного модуля может быть два случая:

- а) $n \leq p-1$
 б) $n > p-1$

При $n \leq p-1$ задача синтеза выходного модуля сводится к построению структуры, содержащей не более K элементов. Полученная структура принимается за выходной модуль. Если заданная функция не реализуется на построенном выходном модуле, то строятся модули следующего яруса структуры. Для этого определяются доопределяющие функции, которые должны быть реализованы на каждом из входных полюсов выходного модуля.

При $n > p-1$ устройство не может быть реализовано одним модулем даже если для этого потребуется меньше чем K логических элементов. В работе этот случай сведен к случаю, когда $n \leq p-1$. Это достигается построением по заданной функции $F^{(n)}$ от n переменных функции $F^{(p-1)}$, зависящей не более чем от $(p-1)$ переменных.

В основу процедуры определения подмножества $(p-1)$ переменных и построения функции $F^{(p-1)}$ положены следующие соображения.

Пусть существует множество реализаций исходной функции различными наборами модулей. Каждой реализации ставятся в соответствие "веса" переменных $x_1, \dots, x_n$, где "вес" каждой переменной принимается равным наименьшему расстоянию от данного входного полюса до выхода структуры. В качестве единицы расстояния принят один модуль.

Применительно к реализации исходной функции любым набором модулей сформулировано и доказано следующее утверждение.

Утверждение I. Чем "ближе" значения переменной к значениям реализуемой функции тем меньше ее "вес".

Так как для заданной функции неизвестен набор реализующих ее модулей, то в качестве оценки "веса" переменной x_i ($i = \overline{1, n}$) при-

нята величина v_i :

$$v_i = \frac{1}{(N_{x_i} + N_{\bar{x}_i}) \cdot |S_i|}, \quad (1)$$

где N_{x_i} и $N_{\bar{x}_i}$ - число состояний в производных минимального порядка для x_i и $\bar{x}_i$ соответственно.

Критерий S_i вычисляется по формуле:

$$S_i = \frac{N_i^{(1)}}{N_i^{(n)}} - \frac{N_o^{(1)}}{N_o^{(n)}}, \quad (2)$$

где $N_i^{(n)}$ и $N_o^{(n)}$ - число состояний в функциях $F_i^{(n)}$ и $F_o^{(n)}$ соответственно;

$N_i^{(1)}$ и $N_o^{(1)}$ - число состояний в функциях $F_i^{(1)}$ и $F_o^{(1)}$ соответственно, в которых данная переменная принимает значение равное единице.

Производная q -го порядка для переменной x_i представляет собой функцию, которая принимает значение единицы на тех состояниях функции $F_i^{(n)}$, которые отличаются от состояний функции $F_o^{(n)}$ значениями q переменных, включая переменную x_i [3]. Процедура вычисления производных сведена к итерации, в результате которой производная q -го порядка вычисляется по функции $F^{(n)}$, из которой исключены состояния производных $(q-1)$ -го и меньших порядков для всех переменных.

В работе показана справедливость предложенного критерия для двух крайних точек:

а) если $x_i^{(c_e)} = F^{(n)}(c_e \in \{1, 0\})$, то $v_i = \min$.

б) если $x_m^{(c_m)}$ несущественна, то $v_m = \infty$; и доказана

его монотонность в интервале между рассмотренными крайними значениями.

В соответствии с приведенным выше утверждением на синтезируе-

мый модуль следует подавать переменные с наименьшими "весами".

Известно, что на качество решения задачи построения функции $F^{(p-1)}$ оказывает влияние не только эффективность выбранной в результате взвешивания переменной, но и другие переменные, выбранные на последующих этапах. Для оценки получаемых совокупностей переменных в работе использованы критерии, в основу которых положены следующие утверждения:

Утверждение 2. Чем больше различных комбинаций образует подмножество Z переменных ($Z = 1, p-1$), взятых в различных сочетаниях из n переменных, тем на большем числе состояний может быть определена функция, образованная из состояний функции $F^{(n)}$, в которых эти переменные осуществлены.

В качестве оценки степени определенности функции принята величина равная:

$$\eta^{(z)} = \frac{N_1^{(z)} + N_0^{(z)}}{2^z},$$

где $N_1^{(z)}$, $N_0^{(z)}$ - число рабочих и нерабочих состояний функции $F^{(z)}$.

Утверждение 3. Из двух функций, которые зависят от одинакового числа переменных j , функция с большим показателем $\eta^{(j)}$ реализуется не проще функции с меньшим значением показателя $\eta^{(j)}$.

Проблема построения функции $F^{(p-1)}$ сведена к построению последовательности функций $F_1^{(1)}, \dots, F_{p-1}^{(p-1)}$, оцениваемых критерием:

$$\lambda = \frac{\eta^{(j)} \cdot j}{\eta^{(j)} + j}.$$

В главе предложены алгоритмы построения функции $F^{(p-1)}$ и синтеза конструктивных модулей, реализующих комбинационную схему, заданную системой логических функций.

Приведенный во второй главе метод позволяет получать систему модулей и схему их соединения оптимальную по любым сочетаниям перечисленных выше критериев. С этой точки зрения он является наиболее полным из известных методов. Однако это связано со значительной трудоемкостью получения решения. Между тем на практике возникают задачи, которые менее критичны по степени удовлетворения принятым критериям и более критичны ко времени получения решения. Очевидно в такой ситуации более целесообразным является применение приближенных методов, для которых время решения задачи линейно зависит от размеров изделий. С этой целью в третьей и четвертой главах приводятся процедуры, которые позволяют с большей или меньшей степенью приближения решать задачу одновременного построения системы модулей и схемы их соединения. В основу этих операций, с одной стороны, положены идеи, изложенные в главе 2, а с другой стороны - методы, основанные на разбиении исходной схемы на подходы.

В третьей главе приводится метод разбиения на модули устройств, заданных принципиально-монтажной схемой. При этом задача ставится следующим образом:

Пусть устройство задано принципиально-монтажной схемой соединения логических элементов типа $\varphi_1, \dots, \varphi_m$. Необходимо разбить его на части, каждая из которых может быть размещена в одном модуле, заданном ограничениями:

1. В одном модуле может быть размещено не более K логических элементов из множества $\varphi_1, \dots, \varphi_m$.

2. Каждый модуль должен иметь не более чем P выходов.

Процедура разбиения схемы на модули представлена как операция последовательного объединения элементов в модули в соответствии с некоторыми критериями.

В работе приведены два варианта программ алгоритма разбиения схемы устройства на модули на языке АЛГОЛ для машины "УРАЛ-II".

Первый вариант программы соответствует приведенному алгоритму и занимает 3000 ячеек. Исходными данными для решения задачи разбиения являются список связей и ограничения накладываемые на модули. Для разбиения схем, содержащих до 40 элементов, требуется 2,5 минуты машинного времени, причем подавляющую часть времени занимает процедура изменения объединяемых модулей, вызванная превышением заданных ограничений.

С целью уменьшения машинного времени на решение задачи в программу были внесены изменения, предусматривающие поэтапное решение задачи. После каждого этапа разбиения возможно вмешательство оператора в решение. Измененная программа занимает 2800 ячеек. Среднее время решения задачи разбиения схемы, содержащей до 50 элементов, составляет 1,5 минут. В программах разработаны операции проверки записи исходных данных и упаковки данных в ячейки.

В четвертой главе предлагается метод синтеза системы конструктивных модулей, который, как указывалось выше, обладая преимуществами метода главы 2, требует для своей реализации числа операций, близкого к числу операций метода разбиения схемы устройства на модули, приведенного в главе 3.

Задача поставлена следующим образом. Устройство задано принципиально-монтажной схемой соединения элементов. Требуется синтезировать его из модулей, число типов которых не превышает t

Каждый модуль должен содержать не более K элементов и p внешних полюсов.

Алгоритм разбит на два этапа:

Первый этап сведен к тому, что исходная схема способом, описанным в главе 3, разбивается на ряд компонент, каждая из которых соответствует ограничениям, принятым для модулей. Каждая из компонент оценивается методом экспертных оценок или любым другим способом с точки зрения удовлетворения поставленным требованиям. Из числа компонент выбираются те, которые имеют наилучшие оценки при этом их число определяется заданным числом типов модулей. Таким образом, завершается первый этап.

На втором этапе оставшаяся после выделения выбранных модулей часть схемы, описанная системой логических функций, реализуется на этих модулях. В результате первого этапа после выделения выбранных модулей в оставшейся части схемы появляются дополнительные выходы и зависимые входные переменные.

Для этого в принципе, необходимо было бы построить функции, реализуемые на выходах этой части схемы, что представляет собой довольно трудоемкую процедуру, даже для задач небольшой размерности.

В работе предложена процедура, упрощающая решение этой задачи и позволяющая находить приближенное решение, степень приближения которого к оптимальному определяется допустимым временем решения.

Упрощение процедуры достигается за счет того, что в структуре, начиная с выходного полюса, выделяется часть, которая имеет число полюсов, равное числу полюсов модуля. Выделенная часть структуры реализуется на одном из выбранных ранее модулей. Если при этом, получена противоречивая реализация, то для каждого

входа этого модуля отстроится доопределяющая функция, которая зависит от переменных выделенной части структуры. Полученные доопределяющие функции реализуются на элементах исходной схемы и условно вводятся в нее в местах соединения ее с выделенной частью структуры. Таким образом, получается схема, у которой на выходе включен модуль заданного типа.

В этой схеме выделяется часть, для которой выходным полюсом является один из входов реализованного модуля, выбираемый по определенному критерию. При этом в выделенной части число полюсов снова выбирается равным числу полюсов модуля. Эта часть реализуется аналогичным образом и так далее проводится процедура выделения частей структуры и реализация их на модулях до конца всей структуры устройства.

Таким образом, алгоритм сведен к итеративной операции синтеза частей устройства, представленных функциями от небольшого числа переменных, что значительно упрощает процедуру синтеза устройства в целом.

В этой же главе (параграф 4.2) показана возможность применения описанного метода для синтеза устройств с памятью. Для этого используется известный прием сведения схемы устройства с памятью к схеме комбинационного устройства путем размыкания цепей обратных связей. Предложен способ такой маркировки цепей заданной схемы, в результате которой будут выделены цепи обратных связей.

В пятой главе приводится метод размещения проводников без пересечений на минимальном числе слоев с учетом ограничений, определяемых технологией изготовления печатных плат. Пусть задано размещение элементов модуля на плате и трассировка проводников с учетом реальных размеров платы. Необходимо произвести размещение про-

водников без пересечений на минимальном числе слоев. Поставим соответствие размещению проводников модуля граф, вершины которого сопоставлены проводникам этой схемы. Пара вершин соединяется ребром, если соответствующие им проводники пересекаются. Каждой вершине V_i графа G сопоставим логическую переменную X_i .

Процедура выделения минимального числа слоев сводится к последовательности следующих операций:

1. Построение максимального пустого подграфа графа G , содержащего максимальное число вершин (совокупность проводников, которые не пересекаются). с помощью некоторого аппарата, позволяющего получать функцию графа, характеризующую совокупность всех минимальных пустых подграфов. Наибольший из них дает соединение нового слоя.

2. Изменение трассы невыбранных проводников для дополнительного размещения в слое, соответствующем выделенному подграфу, с учетом технологических ограничений.

Для определения структуры других слоев к оставшимся проводникам применяются те же операции до окончательного размещения проводников на слоях.

Один из наиболее известных автору методов построения максимальных пустых подграфов основан на построении определенной логической функции и дальнейшей ее минимизации. Известно, что процедура минимизации является чрезвычайно трудоемкой. В связи с этим в реферируемой работе предложен другой подход, основанный на построении такой функции f_r соответствующей графу G , для которой построение минимальной формы предельно упрощается. Упрощение достигается за счет того, что функция f_r имеет единственную

минимальную форму, совпадающую с совершенной дизъюнктивной нормальной формой, не требующей никаких приемов минимизации для получения множества всех максимальных пустых подграфов.

Для построения f_r вводится понятие об определяющем импликанте совокупности вершин L , которым называется конъюнкция переменных, каждая из которых соответствует либо вершине, содержащейся в этой совокупности L , либо вершине, связанной с ними. При этом переменные, соответствующие вершинам совокупности L входят в импликант нормально, а переменные, соответствующие вершинам, связанным с ними — инверсно.

Функцией f_r исходного графа G называется функция, равная дизъюнкции определяющих импликантов всех максимальных пустых подграфов этого графа.

Сформулированы и доказаны следующие утверждения, обосновывающие построение такой функции

1. Если подграф L является связным, то его определяющий импликант тождественно равен нулю.
2. Если подграф L является максимальным пустым, то соответствующий ему определяющий импликант содержит n переменных.
3. Функция графа f_r имеет единственную минимальную форму, причем эта форма имеет столько простых импликантов, сколько существует максимальных пустых подграфов исходного графа и, при этом, каждый импликант имеет длину n .
4. Если обозначить через f_i функцию, равную дизъюнкции определяющих импликантов v_i -той вершины и связанных с ней, то функция графа определяется по формуле:

$$f_r = \bigwedge_{i=1}^n f_i$$

где n — число вершин графа G

В § 5.2 рассмотрен точный алгоритм разнесения проводников на многослойной плате с учетом минимизации числа слоев.

В § 5.3 приведен приближенный алгоритм определения импликанта с наибольшим числом единиц, соответствующего максимальному пустому подграфу, позволяющий значительно сократить время, затрачиваемое на решение задач практической сложности.

В § 5.4 предложена методика определения хроматического числа графа G , основанная на построении логической функции графа f_r и функции покрытия Ψ_n без построения таблицы покрытий.

Предложенные в этой главе алгоритмы запрограммированы на языке АЛГОЛ для машины УРАЛ-II. Программа построения функции f_r занимает 1500 ячеек. Для решения задачи построения функции графа, содержащего 10 вершин требуется 20 секунд машинного времени. Программа приближенного алгоритма определения импликанта с максимальным числом единиц занимает 540 ячеек. Для графа, содержащего до 10 вершин на решение задачи требуется 2 секунды машинного времени. В обоих случаях исходными данными является список пересечений проводников, заданной платы.

Выводы

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработан метод, позволяющий совместно решать задачу синтеза структуры устройства и системы конструктивных модулей с заданными ограничениями, реализующих это устройство, для которого условия работы представлены системой логических функций. Предложен алгоритм решения этой задачи, пригодный для реализации на ЭВМ. Теоретически обоснована методика выбора подмножества $(p-1)$ переменных и построения функции $F^{(p-1)}$, зависящей от переменных

этого подмножества, где P - число полюсов модуля.

2. Предложен алгоритм разбиения схемы устройства на модули и обоснованы критерии, положенные в его основу. Разработана программа алгоритма на языке АЛГОЛ.

3. Разработан метод последовательной реализации на заданном числе типов модулей устройств, представленных принципиальной схемой, качество решения которого определяется заданным ресурсом времени.

4. Предложен точный метод распределения проводников модуля по слоям при многослойном монтаже, основанный на построении функции, получение минимальной формы которой не требует никаких приемов минимизации. Разработан приближенный алгоритм выделения проводников слоя. Приведены программы этих алгоритмов на языке АЛГОЛ. Предложен метод определения хроматического числа графа без построения таблицы покрытия.

5. Разработанные методы и алгоритмы проведены на практических и имеющихся в литературе задачах. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенных методов.

Основные результаты диссертационной работы докладывались на семинарах по теории конечных автоматов и ее приложениям в институте электроники и вычислительной техники АН Латвийской ССР (Рига, 1973), в институте электронных и управляющих машин (Москва, 1974), в институте проблем управления (Москва, 1974), на Международном симпозиуме "Дискретные системы" (Рига, 1974), на научно-технических конференциях Фрунзенского политехнического института и института автоматики АН Киргизской ССР.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Копыленко В.М., Базарбаева Т.Г. Синтез модулей, реализующих релейное устройство, заданное системой логических функций. В сборнике "Проектирование информационно-логических устройств для ирригации", издательство "Илим", Фрунзе, 1973.
2. Копыленко В.М., Базарбаева Т.Г. Метод направленного выбора для разбиения схемы на конструктивные модули. Труды Фрунзенского политехнического института, "Техническая кибернетика", выпуск 66, Фрунзе, 1973.
3. Базарбаева Т.Г., Вострова З.И., Копыленко В.М., Якутин В.М. Проектирование структур релейных устройств с учетом их надежности и некоторых особенностей технической реализации. Материалы Международного симпозиума "Дискретные системы", издательство "Зинатне", Рига, 1974.
4. Копыленко В.М., Базарбаева Т.Г. Некоторые задачи логического и технического проектирования конструктивных модулей. В сборнике "Теория конечных автоматов и ее приложения", выпуск 4, Издательство "Зинатне", Рига, 1975.